

⑬ 公表 平成3年(1991)3月7日

⑭ Int. Cl.⁵
G 01 B 11/00識別記号 庁内整理番号
A 7625-2F審査請求 未請求
予備審査請求 有

部門(区分) 6(1)

(全18頁)

⑮ 発明の名称 座標測定機用校正システム

⑯ 特 願 昭63-509394
⑰ 出 願 昭63(1988)10月31日⑱ 翻訳文提出日 平2(1990)5月19日
⑲ 国際出願 PCT/US88/03855
⑳ 国際公開番号 WO89/04945
㉑ 国際公開日 平1(1989)6月1日

Claiming Priority

優先権主張 ㉒ 1987年11月19日 ㉓ 米国(US) ㉔ 122,771

Equivalent to Ref. 11

⑳ 発 明 者 ベツクウイズ, ウォルター・エル, ジュニア
㉑ 出 願 人 ブラウン・アンド・シャープ・マニファクチュアリング・カンパニー
㉒ 代 理 人 弁理士 湯浅 恭三 外4名
㉓ 指 定 国 AT(広域特許), BE(広域特許), CH(広域特許), DE(広域特許), FR(広域特許), GB(広域特許), IT(広域特許), JP, LU(広域特許), NL(広域特許), SE(広域特許)

アメリカ合衆国ロード・アイランド州02886, ウォーウィック, ノースブリッジ・アベニュー 188
アメリカ合衆国ロード・アイランド州02852, ノース・キングスタウン, プレシジョン・パーク (番地なし)

請 求 の 範 囲

1. 少なくとも2つの次元で互いに対して可動な第1の要素とテーブルとを有する機械において位置誤差を測定する装置であって、

前記第1の要素に取付け可能な反射体アセンブリと、

前記テーブルに取付け可能で、少なくとも1つの出射レーザ光線を選択された測定方向に向け、そして前記反射体アセンブリから反射した前記少なくとも1つのレーザ光線を感知し、前記第1の要素の位置誤差を表す位置誤差信号を発生するレーザ測定アセンブリと、

前記レーザ測定アセンブリを前記テーブルに異なる向きで取り付け、そして前記反射体アセンブリを前記第1の要素に異なる向きで取り付けて、前記反射体アセンブリと前記レーザ測定アセンブリが前記出射レーザ光線が前記反射体アセンブリによって前記レーザ測定アセンブリに反射して戻るように前記異なる向きの各々に一列に並べられるようにした手段とを備えてなる、前記装置。

2. 請求項1に記載の位置誤差測定装置において、前記取付け手段が、予め選択された位置で前記テーブルに取り付けられ、そして前記レーザ測定アセンブリを前記異なる向きの各々に取り付ける手段を含む取付け具を備えてなるもの。

3. 前記取付け手段が前記レーザ測定アセンブリと前記反射体アセンブリを3つの相互直交向きに取り付ける手段を含む、これにより3つの相互直交向きに沿う1セット

のパラメータ誤差が測定される請求項1に記載の位置誤差測定装置。

4. 前記機械が座標測定機であり、前記第1の要素が3つの次元に可動なラムである請求項3に記載の位置誤差測定装置。

5. 前記レーザ測定アセンブリと前記反射体アセンブリが変位誤差を測定する第1の手段と、前記選択された方向に直交する2つの方向で真直度を測定する第2の手段と、前記選択された方向に直交する軸周りの回転を表す傾斜角及び偏角を測定する第3の手段と、前記選択された方向付近の回転を表す横転誤差を測定する第4の手段を含む請求項3に記載の位置誤差測定装置。

6. 前記位置誤差信号に呼応して前記選択された測定方向に沿う各選択された位置に対応するパラメータ誤差の行列を計算する手段を更に含む請求項5に記載の位置誤差測定装置。

7. 前記機械が、3つの相互直交方向に可動なブリッジと、キャリッジとラムとを有する座標測定機を含み、更に前記ブリッジと、前記キャリッジと前記ラムの位置をモニターするスケール装置を含む請求項6に記載の位置誤差測定装置。

8. 前記パラメータ誤差に呼応して前記ブリッジ、前記キャリッジと前記ラムの一定の位置用の総合誤差を計算し、前記スケール装置の読み取りから前記総合誤差を差し引いて正確な位置情報を提供する手段を更に含む請求項7に記載の位置誤差測定装置。

ザ光線を感知し、前記第1の要素と前記テーブルの相対位置誤差を表す位置誤差信号を発生するレーザ測定アセンブリと、

前記レーザ測定アセンブリを前記テーブルに異なる向きで取り付け、そして前記反射体アセンブリを前記第1の要素に取り付けて、前記反射体アセンブリと前記レーザ測定アセンブリが、前記少なくとも1つの出射レーザ光線が前記反射体アセンブリによって前記レーザ測定アセンブリに反射して戻るように前記異なる向きの各々に一列に並べられるようにした手段と、

を備えてなる前記装置、

26. 前記第1の要素に取付け可能な第1の校正アセンブリと、

前記第2の要素に取付け可能で、少なくとも1つのレーザ光線を選択された方向において前記第1の校正アセンブリに向ける第2の校正アセンブリと、

前記少なくとも1つのレーザ光線に呼応して前記少なくとも2つの運動方向に沿う前記パラメータ位置誤差を表す位置誤差信号を与える感知手段とを備え、前記パラメータ誤差が3つの相互直交方向での変位誤差及び前記3つの相互直交方向周りの回転誤差を含む感知手段と、

前記第1と第2の校正アセンブリを前記少なくとも1つのレーザ光線が前記少なくとも2つの運動方向に対して連続して平行となり前記感知手段が前記少なくとも2つの運動方向のための前記位置誤差信号を与えるように取り付

ける手段と、

を備えてなる、互いに対して少なくとも2つの方向で可動な第1の要素と第2の要素とを有する機械におけるパラメータ位置誤差を測定する装置、

27. 前記取付け手段が予め選択された位置で前記第2要素に取り付けられ、そして前記第2の校正アセンブリを前記異なる向きの各々を取り付ける手段を含む取付具を備えてなる請求項26に記載のパラメータ位置誤差測定装置、

28. 前記取付け手段が前記第1と第2の校正アセンブリを3つの相互直交向きを付けをする手段を含み、これにより3つの相互直交向きに沿う1セットのパラメータ誤差が測定される請求項26に記載のパラメータ位置誤差測定装置、

29. 前記第1と第2の校正アセンブリが変位誤差を測定する第1の手段と、前記選択された方向に直交する2つの方向で真直度を測定する第2の手段と、前記選択された方向に直交する軸周りの回転を表す傾斜角及び偏揺角を測定する第3の手段と、前記選択された方向付近の回転を表す回転誤差を測定する第4の手段を含む請求項28に記載のパラメータ位置誤差測定装置、

30. 前記機械が前記第1の要素に対して前記第2の要素の位置を測定するスケール装置を含み、そこで前記装置は更に前記位置誤差信号に呼応して前記運動の選択された方向に沿う選択された位置に対応するパラメータ誤差の行列を計算する手段と、前記パラメータ誤差に呼応して前記第1と第2の要素の一定位置のための総合誤差を計算し前記総

合誤差を前記スケール装置の読み取りから差し引いて正確な位置情報を提供する手段とを更に含む請求項26に記載のパラメータ位置誤差測定装置、

31. 前記第2の測定手段が前記校正アセンブリの1つに取り付けられた再帰反射体と、レーザ光線を前記レーザ測定アセンブリから前記再帰反射体に向ける手段と、前記レーザ測定アセンブリ内で無限に区分けられてその中心からの反射光線のずれを感知する光感知器とを備えている請求項29に記載のパラメータ位置誤差測定装置、

32. 前記第3の測定手段が前記反射体アセンブリの1つに取り付けられたミラーと、レーザ光線を前記レーザ測定アセンブリから前記ミラーに向ける手段と、前記レーザ測定アセンブリ内に位置して無限に区分けされその中央からの反射光線のずれを感知する光感知器とを備えている請求項29に記載のパラメータ位置誤差測定装置、

33. 前記第4の測定手段が規定の距離で間隔を置かれ離れかつ前記反射体アセンブリに取り付けられた一対の再帰反射体と、個々のレーザ光線を前記レーザ測定アセンブリから前記再帰反射体の各々に向ける手段と、前記レーザ測定アセンブリ内で該選択された方向に直交し前記一対の再帰反射体間に描かれた線に直交する方向における各反射光線のずれを感知する一対の区分けされた光感知器とを備え、前記回転誤差が前記規定された距離によって分けられた2つの光感知器によって感知されたずれとの間の相違に比例する請求項29に記載のパラメータ位置誤差測定

装置、

明 細 書

座標測定機用校正システム

発明の分野

本発明は座標測定機に関し、より詳細には測定座標値の位置依存誤差を補償するための座標測定機用校正システムに関するものである。

発明の背景

座標測定機は機械部品のような被加工物の寸法検査に用いられる。被加工物は固定台に固定されており、そして測定探針は上下方向に可動であり、水平面にも可動なラムに固定される。被加工物上のあるポイントの位置を測定するために、探針は該ポイントに接触され、座標測定機の x 、 y 及び z 測定スケールが読まれる。2つのポイント間の距離を測定するために、該2つのポイントは連続して接触されて、両ポイントの座標が読まれ、そして距離がその座標から計算される。技術水準の座標測定機は高解像度測定システム、電気接触探針、動力駆動装置、コンピュータ制御駆動装置及びデータのコンピュータ収集・処理等の改良点を有している。

座標測定機の精度は、スケールまたは他の測定システムの不正誤差により、また機械運動の直交性を確立する案内路の欠陥によって制限される。精度を増すための1つのアプローチとしては誤差が減少するように単純に構成技術を改良してシステムの許容差を減少することである。しかし、要求される精度が増加すると誤差の減少は漸進的に費

用がかかる。他のアプローチは機械作動量を通しての x 、 y 及び z ポイント誤差の直接の測定である。このアプローチは、大型機に記憶されなければならない膨大な量のデータとこのようなデータを測定するために必要とされる時間ゆえに非実用的である。第三のアプローチはパラメータの形式での誤差測定である。即ち、誤差パラメータのセットが、例えば、3つの相互直交軸に沿って測定され、将来の使用のために記憶される。測定量のなかでのいかなるポイントでの x 、 y 及び z 誤差はパラメータ誤差から計算される。次に、計算された誤差はスケール表示度数から引かれ、実際の被加工物座標を定める。

座標測定機は探針運動を確立する3セットの案内路を有する。理想的には、これら案内路のそれぞれに沿う運動は直線状運動のみに帰着しなければならない。スケール表示度数は直線の変位と等しいであろう。しかし、現実には、スケール誤差があり、案内路は完全には直線ではなく、又は完全には誤を避けることができない。本来の機械には、各案内路に沿う運動中に誤差を生み出す6つの自由度がある。運動の各方向としては、3つの直線状誤差、 D_x 、 D_y 及び D_z があり、また3つの回転誤差、 A_x 、 A_y 及び A_z がある。これら6つの誤差パラメータは機械運動の各方向に沿う多数のポイントで測定されることができ、その結果は18の誤差パラメータを有する誤差行列となる。この18の誤差のパラメータ行列から、測定量中でのポイントで誤差が計算され得る。

に、異なる固定測定構成が機械運動の3つの軸の各々に利用され、これによりこのシステムの信頼性と経費を更に増加している。

特定の機械に付随する誤差パラメータは時間的に比較的一定のみであるため、校正装置を機械に取り付けることができ、校正処理を短時間のうちに行なうことができ、更に校正装置を他の機械と使用するために取り除くことができる機械校正方法及び機械を提供することが望ましい。このような校正システムは高精度の誤差測定を提供しなければならないし、機械に容易に取り付けられなければならないし、また使用後に容易に取り外されなければならない。校正方法は機械の寿命の間は必要なだけ繰り返されることができ

る。本発明の概括的な目的は改良された座標測定機を提供することである。

本発明の他の目的は機械内の固定要素に関連する可動要素の位置を校正する方法及び装置を提供することである。

本発明の更に他の目的は座標測定機の精度を改良するための方法及び装置を提供することである。

本発明の更に他の目的は固定要素に関連して可動要素に付随するパラメータ誤差を測定するための方法及び装置を提供することである。

本発明の更に他の目的は容易に取付け可能で、かつ取り外し得る座標測定機用校正システムを提供することである。

本発明の更に他の目的は座標測定機を校正する方法及び

種々の技術がパラメータ誤差の測定に使用されている。レーザ干渉計の技術が高精度の変位誤差測定用としてよく知られている。複周波数干渉計の技術は、1974年2月5日にBaldwinに付与された米国特許第3,790,284号に開示されているように、真直度及び傾斜の測定に利用されている。ステータの傾斜角及び偏揺角を検出するための区分編成光電池を利用するシステムは、1973年2月6日にMarcyに付与された米国特許第3,715,599号に開示されている。四象限角運動センサは、1973年10月16日にWilletに付与された米国特許第3,765,772号に開示されている。パラメータ誤差を測定する1つの先行技術アプローチは、ヒューレット・パッカード・レーザ測定システム応用ノート156-4の「機械工具の校正」に記載されているヒューレット・パッカード5526Aレーザ測定システムを利用している。このシステムは機械間で移送可能であるが、機械校正時間は約40時間である。更に、異なる組立が各測定のために必要とされ、かつ組立誤差は避けることが困難である。測定機の運動の各軸に沿う6誤差パラメータ測定システムは、1981年4月14日にColeman等に付与された米国特許第4,261,107号に開示されている。このシステムは誤差パラメータの各々を測定するために干渉計の技術を利用しており、したがって、レーザ光線軸に垂直な変位を測定するために複周波数レーザを必要とする。その結果、このシステムは複雑であり、費用がかかる。更

装置を提供することである。

本発明の更なる目的は座標測定機内の運動の3方向の各々に沿うパラメータ誤差を正確に測定するための方法及び装置を提供することである。

発明の要約

本発明によれば、これら及び他の目的及び利点は少なくとも2次元において互いに対して可動な第1の要素及びテーブルとを有する機械における測定パラメータ誤差を測定するための装置において達成される。この装置は第1の要素に取付け可能な反射体アセンブリと、該テーブルに取付け可能であり少なくとも1つのレーザ光線を該反射体アセンブリに向け、該反射体アセンブリから反射したレーザ光線を感知して変位、真直度、傾斜角、偏揺角及び回転の誤差信号を発生するレーザ測定アセンブリと、該レーザ測定アセンブリを異なる向きで該テーブルに取り付け、該反射体アセンブリを異なる向きで該第1の要素に取り付ける手段とを備えてなる。反射体アセンブリ及びレーザ測定アセンブリは出射レーザ光線が反射体アセンブリによって反射されるレーザ測定アセンブリに戻されるように各向きで一列に並べられている。各向きでは、変位、真直度、傾斜角、偏揺角及び回転の誤差はレーザ光線の方向に沿って複数の選択された位置で測定される。

本発明の他の態様によれば、互いに対して少なくとも2つの次元で可動な第1の要素とテーブルとを有する機械においてパラメータ位置誤差を測定するための方法が提供さ

れる。この方法は、(a)反射体アセンブリを第1の向きで第1の要素に取り付ける工程と、(b)レーザ測定アセンブリを反射体アセンブリに一列に並んだ第1の向きで少なくとも1つのレーザ光線が測定アセンブリによって反射体アセンブリに向けられ、レーザ測定アセンブリへ反射されて戻されるように取り付ける工程と(c)レーザ測定アセンブリに反射されて戻ったレーザ光線を変位、真直度、傾斜角、偏揺角及び回転の誤差信号に変換し該誤差信号を記憶する工程と、(d)レーザ光線の方法に第1の要素及び反射体アセンブリを反射体アセンブリがレーザ光線に一列に並べられて選択された新しい位置に動かす工程と、(e)レーザ測定アセンブリへ反射して戻されたレーザ光線を変位、真直度、傾斜角、偏揺角及び回転の誤差信号に変換し該誤差信号を記憶する工程と、

(f)レーザ光線の方向で多数の選択された新しい位置で上記工程(d)及び(e)を繰り返す工程と、(g)反射体アセンブリを第1の要素に第1の向きに直交する第2の向きに置く工程と、(h)レーザ測定アセンブリをテーブルに第1の向きと直交する第2の向きで反射体アセンブリに一列に並べて取り付ける工程と、そして(i)第2の向きで上記(c)から(f)工程を繰り返す工程とを備えてなる。

上記方法の好ましい実施例において、反射体アセンブリ及びレーザ測定アセンブリは第1及び第2の向きが第1及び第2の向きと相互に直交する第3の向きに取り付け

られ、工程(c)から(f)は第3の向き用に繰り返される。その結果、変位、真直度、傾斜角、偏揺角及び回転の誤差信号は機械運動の3つの方向の各々のために記憶される。

本発明のまた他の態様によれば、選択された方向に互いに対して可動な第1の要素及びテーブルとを有する機械における測定パラメータ誤差を測定するための装置が提供され、該装置は第1の要素に取付け可能な反射体アセンブリと、該テーブルに取付け可能であり複数のレーザ光線を該反射体アセンブリに向け、該反射体アセンブリから反射したレーザ光線を感知するレーザ測定アセンブリを備えている。該反射体アセンブリとレーザ測定アセンブリは選択された方向に沿って変位誤差を測定する手段と該選択された方向に垂直な2つの方向における真直度誤差を測定する手段を含んでいる。真直度測定手段は反射体アセンブリに取り付けられた再帰反射体と、レーザ光線をレーザ測定アセンブリから再帰反射体に向ける手段と、レーザ測定アセンブリ内に位置し4つ象限に区分されてその中心からの反射光線のずれを感知する光感知器とを備えている。

反射体アセンブリ及びレーザ測定アセンブリは更に、選択された方向に直交する2つの相互直交軸付近の真直度及び傾斜角を測定する手段を含み、該手段は、反射体アセンブリに取り付けられたミラーとレーザ光線をレーザ測定アセンブリから該ミラーに向ける手段と、レーザ測定

アセンブリ内で4つの象限に区分され、その中心からの反射された光線のずれを感知する光感知器とを備えている。

反射体アセンブリ及びレーザ測定アセンブリはなお更に選択された方向付近の回転誤差を測定する手段を含み、該手段は規定の間隔で廻されて反射体アセンブリに取り付けられた一対の再帰反射体と、個々のレーザ光線をレーザ測定アセンブリから再帰反射体の各々へ向ける手段と、レーザ測定アセンブリ内に位置し選択された方向に垂直な方向に各々反射光線のずれを感知する一対の区分された光感知器とを備えている。回転誤差は、規定の間隔で分けられた2つの光感知器により感知されたずれの間の相違に比例する。

本発明の他の態様によれば、互いに対して選択された方向に可動な第1の要素及びテーブルとを有する機械において、選択された方向付近の回転誤差を測定するための装置が提供され、該装置は第1の要素に取付け可能で規定の間隔を置いて廻された一対の再帰反射体を含む反射体アセンブリと、テーブルに取付け可能で一対の間隔を置いて廻された平行レーザ光線を再帰反射体に向ける手段と選択された方向に垂直な方向で各々の反射光線の変位ずれを感知する一対の区分された光感知器を含むレーザ測定アセンブリと、所定の間隔で分けられた2つの光感知器により感知されたずれ間の相違から回転誤差を定める手段とを備えている。

本発明の更なる態様によれば、選択された方向に互いに

対して可動な第1の要素及びテーブルとを有する機械において、選択された方向に垂直な2つの直交軸付近の真直度及び傾斜誤差を測定するための装置が提供されている。該装置は第1の要素に取付け可能な反射体アセンブリを備え、該反射体アセンブリに取り付けられたミラーと、該テーブルに取付け可能なレーザ光線を該ミラーに向ける手段とその中心からの反射したレーザ光線の角度ずれを感知する4つの象限に区分された光感知器を含むレーザ測定アセンブリと、該ミラーと光感知器との間の距離によって分けられた光電池によって感知されたずれから真直度と傾斜角を定める手段とを含む。

図面の簡単な説明

本発明の他の目的及び更なる目的、利点及び可能性と共に本発明をよく理解するために、添付図面が参照される。

第1図は先行技術による座標測定機の斜視図。

第2図はy軸校正用に取り付けられた本発明の校正システムを有する座標測定機の斜視図。

第3図はz軸校正用に取り付けられた本発明の校正システムを有する座標測定機の斜視図。

第4図はx軸校正用に取り付けられた本発明の校正システムを有する座標測定機の斜視図。

第5図は本発明の校正システム光学の略斜視図。

第6図は変位誤差を測定するための本発明の校正システムに使用される干渉計の簡単な概略線図。

第7図は真直度を測定するための本発明の校正システム

に使用される光学の簡単な概略線図。

第8図は傾斜角及び偏揺角を測定するための本発明の校正システムに使用される光学の簡単な概略線図。

第9図は傾斜を測定するための本発明の校正システムに使用される光学の簡単な概略線図。

第10図はレーザ測定アセンブリ、反射体アセンブリ及びレーザ測定アセンブリが取り付けられる取付具の側面拡大図で、反射体アセンブリがy軸に沿って変位するファントムで示されている。

第11図は反射体アセンブリの正面拡大図。

第12図はファントムに示される反射体アセンブリとともに第10図の12-12線に沿ったレーザ測定アセンブリの正面拡大図。

第13図は第12図の13-13線に沿ったレーザ測定アセンブリの底面図。

第14図は第12図の14-14線に沿ったレーザ測定アセンブリの断面図。

第15図は第14図の15-15線に沿ったレーザ測定アセンブリの後面拡大図で、内部要素を顯示するための切取図。

第16図は第10図の線16-16に沿ったレーザ測定アセンブリが取り付けられた取付具の平面図。

第17図はレーザ測定アセンブリの整列用偏心カムの一部断面拡大図。

発明の詳細な記載

先行技術の移動ブリッジ式座標測定機が第1図に概略的に示されている。該測定機は、固定機械テーブル12上に置かれる被加工物の測定に意図されている。該測定機のx、y及びz軸が図示されている。ブリッジ14はテーブル12上の案内路16に沿ってy方向に移動する。キャリッジ18はブリッジ14上の案内路に沿ってx方向に移動する。ラム20はその下端部に取り付けた探針22を有し、キャリッジ18内の軸受を介して上下方向に移動する。ブリッジ14とテーブル12間、キャリッジ18とブリッジ14間及びラム20とキャリッジ18間のスケールシステムが3つの軸方向における可動要素の位置を示す。被加工物10上のあるポイントの座標を測定するために、探針22がこのポイントに接触される。探針22は接触を感知し、システムコンピュータに読ませ、そして3つのスケールシステム上の読み取りを記憶させる。移動ブリッジ式座標測定機の例はBrown and Sharpe製作所で製造される7101-2418型である。本発明の校正システムは大部分の先行技術の座標測定機に用いることができる。

誤差はスケールシステム内の不正確性によりまた各機械要素に沿って走行する案内路内の不完全性によってスケール表示度数に導入される。各機械要素は規定の方向に走行するとき6つの成分を有する誤差に影響される。この6つの成分はy方向のブリッジ14の運動に関連して記載される。6つの誤差成分はまたx方向におけるキャリッジ18の運動及びz方向におけるラム20の運動に関連している。

第1の誤差成分はy方向の運動方向に沿う変位誤差 D_y である。x方向及びz方向の変位誤差 D_x 及び D_z は真直度として一般に知られているもので、これはこれら変位誤差 D_x 及び D_z が完全には真直ぐでない案内路の結果であるからである。残りの誤差成分は回転に関するものである。y軸周りのブリッジ14の回転は傾斜 A_y として共通に知られる。x及びz軸周りのブリッジ14の回転は夫々傾斜角 A_x 及び偏揺角 A_z として一般に知られている。パラメータ誤差を用いる機械の完全な特性を出すには、運動の角方向に沿う選択された位置での6つの誤差成分の測定が要求され、その結果18のコラムを有する誤差行列となる。測定容量における任意のポイントにおける総合誤差は以下に記載されるようにパラメータ誤差から計算される。

本発明の校正システムは18の誤差成分の測定用の座標測定機に取付け可能な装置を提供する。本発明はまた誤差測定を行う方法を提供する。第2図に示されるように、校正装置は、テーブル12上の固定位置に置かれる取付具24を含む。校正装置は更に3つの異なる向きにおける取付具24に取付け可能なレーザ測定アセンブリ26を含む。校正装置は更に3つの異なる向きでラム20に取付け可能な反射体アセンブリ28を含む。

3つの向きの各々において、レーザ測定アセンブリ26は幾つかのレーザ光線を反射体アセンブリ28に向ける。レーザ測定アセンブリ26及び反射体アセンブリ28は3つの向きの各々において一列に並んでいるので、

レーザ光線は反射されてレーザ測定アッセンブリ26に戻され、そして感知される。3つの向きの各々において、レーザ測定アッセンブリ26により発生したレーザ光線は運動の方向の1つに平行である。第2図に示される向きにおいて、レーザ測定アッセンブリ26及び反射体アッセンブリ28は、ブリッジ14が y 方向に動かされたときレーザ光線が反射体アッセンブリ28の要素との一直線の並びを維持するように整列されている。第3図に示される向きにおいて、レーザ測定アッセンブリ26と反射体アッセンブリ28は、ラム20が z 方向に動かされたときレーザ光線が反射体アッセンブリ28との一直線の並びを維持するように整列されている。同様に、第4図に示される向きにおいて、レーザ測定アッセンブリ26と反射体アッセンブリ28は、キャリッジ18が x 方向に動かされたときレーザ光線が反射体アッセンブリ28との一直線の並びを維持するように整列されている。

座標測定機の校正は、第2図に示されるように取付具24をテーブル12に取り付けることから始まる。取付具24は所定位置に置かれ、座標測定機の軸と一列にされ、そして適所に固定される。レーザ測定ヘッド26は y 軸測定用に向き付けされた取付具24の頂部上の位置表示装置上に置かれる。反射体アッセンブリ28はレーザ測定アッセンブリ26の上の位置表示装置と係合され、そして取付けネジで締めの付けられる。ラム20はスタート位置迄移動せられ、そして反射体アッセンブリ28に固定される。キ

は出発位置まで移動され、そして反射アッセンブリ28に固定される。ブリッジ14及びキャリッジ18はこれらの案内路にかみあわされている。取付ネジは取り除かれ、そしてキャリッジ18が x 方向に選択された校正位置まで移動せられる。 x 軸のパラメータ誤差は上記の y 軸誤差の測定と同様な方法で測定される。

校正コンピュータ30は誤差行列を標準形式に処理し、コンピュータディスクに記憶する。座標測定機が被加工物を測定するために使用されるときは、該機械のコンピュータがコンピュータディスクから誤差行列をロードする。被加工物上のあるポイントの座標が測定されるとき、座標測定機が誤差行列から対応するパラメータ誤差を検索し、 x 、 y 及び z 誤差を計算し、そしてこれら誤差を補正として引く。

レーザ測定アッセンブリ26及び反射体アッセンブリ28の光学的略図が第5図に示されている。レーザ測定アッセンブリ26内に取り付けられたレーザ40はレーザ光線42を供給し、レーザ光線42は数倍に分光されて6つのパラメータ誤差の測定に必要なビームを供給する。レーザ光線42の一部分は変位誤差測定手段44に供給されるが、該変位誤差測定手段44は反射体アッセンブリ28上に取り付けられた再帰反射体46と共同してレーザ測定アッセンブリ26に対する反射体アッセンブリ28の実際の変位を測定する。レーザ測定アッセンブリ26の真直度測定手段48は、反射体アッセンブリ28上の再帰反射体5

キャリッジ18及びラム20はこれら部材用の案内路にかみあわされる。取付けネジが取除かれ、ブリッジ14は y 方向の選択された校正位置へ動かされる。校正位置の間隔及び公差は座標測定機の大きさと期待される誤差変化の割合に依存する。校正位置の典型的な間隔は約1インチである。各位置のために、レーザ測定アッセンブリ26及び座標測定機のスケールシステムの出力は校正コンピュータ30により読まれる。これらの出力は y 軸のパラメータ誤差を定めるために処理される。

z 軸誤差の測定では、レーザアッセンブリ26は第3図に示されるように z 方向測定用に向き付けされる取付具24の頂部上の位置表示装置の上に置かれる。反射体アッセンブリ28はレーザ測定アッセンブリ26上の位置表示装置と係合され、そして取付ネジで固定される。ラム20は出発位置まで移動され、そして反射アッセンブリ28に固定される。ブリッジ14及びキャリッジ18はこれらの案内路にかみあわされている。取付ネジは取り除かれ、そしてラム20が z 方向に選択された校正位置まで移動せられる。 z 軸のパラメータ誤差は上記の y 軸誤差の測定と同様な方法で測定される。

x 軸誤差の測定では、レーザ測定アッセンブリ26は第4図に示されるように x 方向測定用に向き付けされる取付具24の頂部上の位置表示装置の上に置かれる。反射体アッセンブリ28はレーザ測定アッセンブリ26の位置表示装置に係合され、そして取付ネジで固定される。ラム20

0と共同して、反射体アッセンブリ28が y 方向に移動せられたとき、 x 及び z 方向の反射体アッセンブリ28の真直度ずれ D_x 及び D_z を測定する。レーザ測定アッセンブリ26における傾斜角及び偏揺角測定手段52は、反射体アッセンブリ28上のミラー54と共同して、 x 及び z 軸回りの反射体アッセンブリ28の回転 A_x 及び A_z を夫々測定する。レーザ測定アッセンブリ26内の第2の真直度測定手段56及び反射体アッセンブリ28上に取り付けられた再帰反射体58は第1の真直度測定手段48と再帰反射体50との組み合わせで使用され、 y 軸回りの反射体アッセンブリ28の回転または傾斜 A_y を測定する。第5図に示す測定装置は第6図ないし第9図に関連して記載されており、第6図ないし第9図は測定手段を容易に理解するために単純化した。

好ましい実施例において、レーザ40は単一の波長を有する光線42を照射する。本発明の1つの実施例では、レーザプラズマ管はメレス・グリット型05LHPP900ヘリウム・ネオンレーザである。レーザの空調長さはウォームアップ中に増加するので、共振が望ましい単一の波長モードと望ましくない複重波長モードとの間で交互に生じる。レーザ40の出力はレーザ管の近傍でヒータを用いる単一波長モードで安定化される。ヒータはレーザ40の出力光線を感知することによって制御される。レーザ40はその空洞内にブルースター角窓を有しており、この空洞は光線42の偏振面を定置する。光線42は四分の一波長リ

ターダ(retarder)60を通過するが、該リターダ60はその光軸をレーザ40の出力の偏波面に対して45度の角度で設定されている。レーザ光線の小部分は一部銀色のミラー62によって主光線42から分離され、光感知器64により感知される。光感知器64からの出力信号はレーザ空洞のヒータを制御するが、これはレーザの出力が所望の信号波長モードが得られる度合の公知の機能であるからである。

レンズ66はミラー62により反射された主光線を拡散し、そしてレンズ66の下流側のレンズ68は光線を平行にする。この構成は長距離にわたる光線の分散を減少する。ビームスプリッタ70はレンズ68からの光線を2つの分岐光線、即ちプリズム72によって変位測定手段44と真直度測定手段48に向けられた第1の分岐光線71及び傾斜角及び偏振角測定手段52と第2の真直度測定手段56に向けられた第2の分岐光線に分ける。ビームスプリッタ74はプリズム72からの第1の分岐光線71の部分を変位測定手段44に向ける。ビームスプリッタ74を通過する光線はプリズム76によって再帰反射体50に向けられ、そして真直度測定手段48に反射される。ビームスプリッタ78は第2分岐光線73の部分をビームスプリッタ70からミラー54に向ける。鏡54からの反射光線は傾斜角及び偏振角測定手段52に向かう。ビームスプリッタ78を通過した光線はプリズム80により光線81として再帰反射体58に向けられ、そして第2の真直度測定手段56

線はビームスプリッタ88によって2つの部分に分けられ、第1の部分は光感知器82に行き、第2の部分は光感知器84に行く。再帰反射体46により反射された戻り光線93は2つの部分に分けられ、第1の部分は光感知器82に行き、第2の部分は光感知器84に行く。再帰反射体46は反射体アセンブリ28内に位置されており、機械ラム20とともに動く。第6図に示されるたの成分はレーザ測定アセンブリ26内に位置されている。

光感知器82には定着長さ基準光線がビームスプリッタ86からビームスプリッタ88を経て感知器82に真っ直ぐになっている。可変長さ測定光線はビームスプリッタ86から再帰反射体46に行き、ビームスプリッタ88へ反射されて戻り、ビームスプリッタ88によって光感知器82に反射される。光感知器84には定着長さ基準光線がビームスプリッタ86から、ビームスプリッタ88により反射されて感知器84に至っている。光感知器84には可変長さ測定光線がビームスプリッタ86から再帰反射体46に行き、再帰反射体46によりビームスプリッタ88に反射されて、ビームスプリッタ88を経て真っ直ぐ直接感知器84に至る。

再帰反射体46はプリズムコーナーの立方体のものが好ましく、この立方体は隅を切断したガラス製立方体のものと考えることができる。ビームスプリッタ86から入る光線91はコーナー立方体の裏面から3回反射されて、その入射路と平行な光線93としてビームスプリッタ88に戻

に反射される。

パラメータ調整行列における直線状変位調整はスケール度数とレーザ距離測定との間の相違である。レーザ距離測定は干渉計を用いてなされる。好ましい干渉計は上述の円偏波を有する単一の周波数レーザを用いる。しかし、どのような距離測定干渉計も使用できる。

距離測定干渉計において、レーザ光線は測定光線と基準光線の2つの部分に分けられる。測定光線路の長さは被測定距離が変わるにつれて変化する。基準光線路の長さは定着されている。2つの光線は反射され、結合される。これらの光線が位相結合すると、強化して明るい縞を形成する。これら2つの光線が位相以外で結合すると、これら光線は相殺し暗い縞を形成する。明るい縞と暗い縞間の変化の数は距離の測定として計算される。

距離測定用の好ましい干渉計は第6図において単純化した形式で示される。2つの縞パターン、1つの縞パターンは光感知器82で、もう1つの縞パターンは光感知器84で作られる。ビームスプリッタ86及び88は各々一体に複合された2つの90°プリズムからなっており、1つのプリズムは結合部を部分反射被覆剤で被覆されている。被覆剤は屈折金属誘電性のものであり、偏波には殆ど影響のないものである。ビームスプリッタ74から入る光線90はビームスプリッタ86により2つの部分に分けられ、第1の部分はビームスプリッタ88に行き、第2の部分91は再帰反射体46に行く。ビームスプリッタ86からの光

される。

循環偏波光の特徴は、この偏波光が反射されたときはいつでもそのハンドは裏返しにされる。光感知器82への基準光線は反射しないが、測定光線は5回反射される。このように、光感知器82での2つの光線は反対のハンドの偏光を有する。対位するハンドの2つの循環偏光光線が結合すると、これら結合した光線は単一面の偏光光線を形成する。偏波面は光線間の位相関係に基づく。

再帰反射体46は移動し、光感知器82への光線の測定路長さは変わり、位相関係が変化する。これにより、偏波面を光線路の回りに回転させる。偏光フィルタ92はビームスプリッタ88と光感知器82との間に置かれる。偏波面が回転すると、該偏波面は1回転毎に2回偏光フィルタ92の軸と一列に並び、光が光感知器82へ通過する。また、1回転毎に2回、偏波面は偏光フィルタ92の軸に対し垂直であり、そして全ての光が遮断される。このように、光感知器82は、再帰反射体46が動くにつれて明るい縞と暗い縞を交互に見る。偏光フィルタ94は光感知器84の前に置かれ、同じ効果をなす。

光感知器82及び84の電気出力は光が光感知器を打つ量に比例する。再帰反射体46が一定の速度で動くとき、出力はサイン曲線的である。偏光フィルタ92及び94の軸は、光感知器82及び84からの2つの正弦波信号が直角になるように、即ち、一方の信号が1/4周りで他の信号を導くように向き付けされている。再帰反射体46が一

方向に動くとき、一方の光感知器の出力は他方の光感知器を 90° まで遅く、再帰反射体46が反対方向に動くとき、同じ光感知器の出力は他方の光感知器を 90° まで遅らせる。この特徴は移動の方向を定めるために用いられる。各光感知器からの周期数は移動距離を示しかつ計算器に蓄積されるが、一方2つの出力の間の位相関係は移動の距離を示す。

第5図に関して、変位測定手段44は更にプリズム85とプリズム87を含み、該プリズム85はビームスプリッタ86からの光線91を再帰反射体46に向け、そしてプリズム87は再帰反射体46からの反射光線93をビームスプリッタ88に向ける。これらのプリズムはより堅密な構成を可能とする。第5図にはまた、偏光フィルタ92と光感知器82との間及び偏光フィルタ94と光感知器84との間に任意のレンズ89が示されている。レンズ89は光感知器82、84に光を集めて、出力信号を増加する。

真直度は意図した運動の方向に対し垂直な方向における直線状の誤差である。移動の方向に沿う各校正ポイントのために、互いに直交する方向に2つの真直度誤差がある。真直度測定手段48及び再帰反射体50は第7図に簡単な形式で図示されている。真直度が測定される方向におけるレーザ光線96は反射体50によって反射体アセンブリ28に反射され、光線98として平行路に沿ってレーザ測定アセンブリ26内の四分の一象限光検知器102に戻される。

オード102a及び102bからの出力の合計から引かれる。結果は4つのフォトダイオードの全てからの合計で割って、光線強度における変化の効果を排除し、この結果は定数でかけられ従来の長さユニットに変換される。同様に、水平真直度 D_x はフォトダイオード102b及び102dからの出力の合計からフォトダイオード102a及び102cからの出力の合計を差し引き、4つのフォトダイオードの全てからの出力の合計による結果を割ることによって定められる。

第5図に関して、真直度測定手段がプリズム103を含み、該プリズム103が反射光線98を再帰反射体50から光感知器102に再び向けることが留意される。プリズム103はより堅密な構成を可能とする。

傾転は運動軸周りの回転誤差である。y軸に沿う運動を再び考察して、傾転誤差を定めるデータが、x方向に間隔を置いて置かれた2つのラインに沿う垂直真直度 D_z の2つの測定をなすことで測定される。第5図に関して、1つの垂直真直度測定は第1の真直度測定手段48及び再帰反射体50によって処理され、一方第2の真直度測定は第2の真直度測定手段56及び再帰反射体58によって処理される。傾転測定は第9図に簡潔にした形で図示されている。第1の真直度測定手段48において、垂直真直度 D_z は光検出器102によって定められ、該光検出器102は上述のように戻り光線98の垂直ずれを検知する。同様に、第2の真直度測定手段56において、光検出器104は再帰

再帰反射体50はコーナー立方体または珪石で、真直度測定に重要な2つの特徴を有している。第1の特徴は、光線96及び98が再帰反射体を位置決めする際の角度誤差にも係らず平行であることである。このことは、機械回転誤差は真直度測定に影響しないということも意味する。第2の特徴はy軸に沿って見られたときに光線96及び98は再帰反射体の頂点に対して対称であることである。

y軸の真直度測定のために、四分の一象限光感知器102は、プリッジ14が $y=0$ のとき、光線98が直交する分割レンズ105及び107に対して集中されるように位置付けされている。他のy位置では、上下真直度誤差 D_z とされている。この誤差 D_z は反射体アセンブリ28及び再帰反射体50の頂点を上下距離 D_z 動かす。上記した対称の理由で、戻り光線98は $2D_z$ だけ垂直に移動する。このように、光線98は水平な分割レンズ105から垂直に $2D_z$ 変位した光検知器102を打つ。同様に、水平真直度誤差 D_x があるとき、コーナー立方体50の頂点は D_x だけ水平に移動する。戻り光線98は水平に $2D_x$ 移動し、垂直分割レンズ107から水平に $2D_x$ 変位される。四分の一象限光検知器102は分割線105及び107によって分けられた4つのフォトダイオード102a、102b、102c及び102dにより作られる。各フォトダイオードは光が各フォトダイオードを打つ割合の電気出力を有する。垂直真直度 D_z の測定には、フォトダイオード102c及び102dからの出力の合計がフォトダイ

反射体58からの反射光線106の垂直ずれを検知することによって垂直真直度 D_z を検知する。傾転を測定する際に、垂直変位だけが興味のあるものである。したがって、光検出器104は2つのフォトダイオードのみ必要とする。(光検出器102は4つの四分円を必要とするが、これは垂直度測定にも使用されるためである。)代替案として、上部2つのフォトダイオード及び下部2つのフォトダイオードは光検出器104用に一緒にワイヤで結合することもできる。各校正位置のため、強度において測定された傾転は2つの垂直真直度測定を差引、第1及び第2の真直度測定手段48、56間の距離Cで割ることによって計算される。したがって、傾転 $= (D_{z2} - D_{z1}) / C$ である。

第5図に関して、第2の真直度測定手段56はプリズム108を含み、該プリズムは光線106を再帰反射体58から光検出器104に向ける。

偏揺角及び傾斜角は運動軸に直交する軸線方向周りの回転誤差である。水平(x及びy)校正のために、偏揺角は垂直軸周りの回転であり、そして傾斜角は水平軸周りの回転である。垂直(z)校正には、偏揺角はy方向軸周りの回転として定義され、そして傾斜角はx方向軸周りの回転である。傾斜角及び偏揺角測定手段52は第8図に簡潔な形で示されている。入射レーザ光線73はビームスプリッタ78によって分けられる。伝達された光線112はビームスプリッタ78を通過し、上記の傾転測定用として用いられる。反射光線114は四分の一板長板116及びビー

ムスプリット78を経て四分円光検出器118に反射光線自体に逆反射される。

入射光線73は循環偏光される。ビームスプリッタ78は、偏光に強力な効果を有する全波電部分反射被覆を有している。この結果は、伝達された光線112が実質的に平行に偏光され、そして反射光線114は垂直に偏光される。

四分の一波長板116はその軸を反射光線114の偏波面に対して45°に引き付けられて、光線114を循環偏光に変換する。ミラー54からの反射は偏光のハンドを返す。四分の一波長板116を通過して戻る戻り光線は偏波面に再び変換されるが、ミラー54のハンドの変化によって、偏光はここで水平面内にある。偏光ビームスプリッタ78は全反射光線を通過させて光検出器118に至らしめる。

偏光を用いる複雑な方法 (maneuver) には2つの理由がある。まず、光の全てが使用されることを保証する。もしビームスプリッタ78が非偏光であるとする、ミラー54からの戻り光線の半分は反射されて光線73の路に沿って戻される。第2に、四分の一波長板116及び測定手段56からの偏りの反射が光検出器118に至ることを防ぐことである。四分の一波長板116からの垂直に偏波される反射は光線73の路に沿って逆反射される。第2の真直度測定手段56からの反射は水平に偏波され、そして光線73の路に沿ってビームスプリッタ78を通過する。

し第17図に図示される。第5図に示されるレーザ測定アッセンブリ26の構成要素は全体がL-状断面を有するハウジング130内に含まれる。レーザ測定アッセンブリ26は、以下に記載されるような3つの異なる向きにおいて取付具24に取り付けられるように適合されている。

第11図に最良に示されるように、反射体アッセンブリ28は支持ブラケット132を含んでおり、該支持ブラケット132は再帰反射体46、50及び58に、更にミラー54に対し堅固な支持を与える。3つの先細ねじ134が組立中ロケータ134a(第12図)に合う。ばか穴136が一条ねじ137用に設けられており、該一条ねじ137は組立中測定アッセンブリ28内に繰合されて、反射体アッセンブリ28をレーザ測定アッセンブリ26に固定する。ねじ137の軸部上のばね139及び座金140は、所望の間隔を維持し一条ねじ134を用いて反射体アッセンブリ28をレーザ測定アッセンブリ26に対して付勢する。ボール138及びクランプ141は反射体アッセンブリ28を探針ソケット内に取り付けられたボールエンドドスタッド142に固定するために用いられる。

取付具24の平面図が第16図に示されている。該取付具24は3辺を有する棒を備え、該棒はテーブル12に堅固に取り付けられ、3つの相互に直交する向き(注:第2図ないし第4図)においてレーザ測定アッセンブリ26を取り付ける手段を設けている。取付具24は機械テーブル12上に直接置かれ、そして基準工具クランプ143で締

め付けられる。クランプ143はテーブル12への導入手段によって固定される。第10図及び第16図に関連して、固定具24の脚150がテーブル12に締め付けられる。3つの取付ピン152はx方向にレーザ測定アッセンブリ26を取り付けるために用いられ、3つの取付ピン154はy方向にレーザ測定アッセンブリ26を取り付けるために用いられ、3つのロケータ156はz方向にレーザ測定アッセンブリ26を取り付けるために用いられる。レーザ測定アッセンブリ26(第13図)の底部上のロケータ152aはx方向における取付けの間ピン152に合い、そしてy方向の取付けの間ピン154に合う。z方向の取付けには、レーザ測定アッセンブリはピン156a(第12図)を含み、該ピン156aはロケータ156に合う。ピン156aの2つはハウジング130の側に取り付けられた直立アーム144上に取り付けられる。

第5図に関連して、傾斜角及び偏揺角測定手段52は更にプリズム122及びプリズム124を含み、該プリズム122はビームスプリッタ78からの光線114を四分の一波長板116に向け、そしてプリズム124はビームスプリッタ78からの反射光線120を光検出器118に向ける。

本発明の校正システムの好ましい実施例は第10図ない

め付けられる。レーザ測定アッセンブリ26の心合わせ用偏心カムが第17図に図示される。ピン145が回転を可能とするために十分な空隙をもたせて取付具24に挿入される。カラー146はピン145の上端に取り付けられ、またピン154はカラー146の中心から偏位されている。カラー146が回転させられると、ピン154は円内で移動しレーザ測定アッセンブリ26の位置の微調整を可能とする。偏心カム構成は、調節後止めねじによって固定位置に保持され得る。典型的に、3つの取付けピンの1つだけが第17図の偏心カム構成を利用する。

レーザ測定アッセンブリ26の心合わせ用偏心カムが第17図に図示される。ピン145が回転を可能とするために十分な空隙をもたせて取付具24に挿入される。カラー146はピン145の上端に取り付けられ、またピン154はカラー146の中心から偏位されている。カラー146が回転させられると、ピン154は円内で移動しレーザ測定アッセンブリ26の位置の微調整を可能とする。偏心カム構成は、調節後止めねじによって固定位置に保持され得る。典型的に、3つの取付けピンの1つだけが第17図の偏心カム構成を利用する。

レーザ測定アッセンブリ26内の要素の配置は第13図ないし第15図に図示される。第15図に示される光学素子の配置は同様な参照番号によって第15図に図示される。レーザ40はブラケット160とばね162の手段によって取り付けられる。レーザ動力供給部164はレーザ40に対し必要な作業電圧を与える。変圧器166は上記のようにレーザヒータ用の動力を供給する。変圧器166は各々固体リレー168及び170に連結された2つの出力電圧を有する。リレー168及び170はコンピュータ30の制御下で動力を変圧器166からレーザヒータに切り換える。高電圧は急速なウォーミングアップのために用いられる。低電圧は空回長を制御用にも用いられる。第14図に関して、反射体アッセンブリ28に光線114を向けるプリズム122は受け座168によってハウジング130に取り付けられる。プリズム108、80、76、103、85及び87は同じ方法で取り付けられる。このように、異なる測定位置間での運動用に良好に適用される簡素で堅密なレーザ測定アッセンブリが提供される。

種々の変更及び修正が本発明の範囲内に含まれることが理解されるであろう。例えば、校正システムは固定テーブル及び立体的に可動のラムを用いるブリッジ型座標測定機に関連して記載されているが、校正システムが互いに対して可動な2つの要素を有するいかなる機械にも等しく適用できる。機械要素のいずれか又は両者は可動とすることができる。例えば、座標測定機の基つかのタイプは可動テーブルを用いる。更に、反射体アッセンブリ28は反射要素のみを有するものとして記載されており、そして全ての感知要素はレーザ測定アッセンブリ26内に位置付けされている。校正システムは、感知要素の1つ又は1つ以上の要素が反射体アッセンブリ28上に位置付けされるように修正され得る。例えば、真直度測定光検出器が反射体アッセンブリ28の上に置かれ得る。この形状の欠点は電気的結合が多くの場合可動である反射体アッセンブリについてなされなければならないことである。全てのレーザ光線が反射体アッセンブリ28によって反射される場合、電気的結合は必要とされない。本発明の範囲内の更なる変形はレーザを固定位置に取り付けることと可動アッセンブリを設けてレーザからの光線を3つの測定軸に沿って向けることである。更なる変形は傾斜角、偏角、真直度及び回転を測定する先行技術の千鈞計を用いることである。

光感知器82、84、102、104及び118からの出力信号は適宜の信号コンディショニング回路構成部分を介してパラメータ誤差の計算及び記憶のために供給される。機械の測定盤における任意のポイントでの総合誤差を計算する際に、次の記号が用いられる。

Dij = 直動位置誤差。

Aik = 角度位置誤差。

Pm = 探針水準ポイントから探針先端までの距離の構成分子。

ei = 探針先端における総合誤差の構成成分。

ここでは、 $i = x, y$ 又は z = 位置誤差が測定される軸、 $j = x, y$ 又は z = 誤差の軸方向、 $k = x, y$ 又は z = その周りで回転誤差が測定される軸、 $m = x, y$ 又は z = 距離構成分子の方向。

このように、例えば、 Dyz は y 方向に沿って測定された垂直(z 方向)真直度であり、一方、 Ayy は y 方向に沿って測定される y 方向周りの回転である。

軸システムを各構成分子に取り付けかつ軸システム間の実態用の式を替く従来のアプローチよりもむしろ、より簡単なアプローチを用いる。簡単なアプローチは各パラメータのために誤差構成分子を決定すること、次に各軸方向用の構成分子を加えることが必要である。簡単な方法は、主要な誤差が小さいので適切であり、したがって第2位(余弦)の誤差が無視される。第1図に示されるようなブリッジ型機械におけるポイント X, Y, Z の誤差はこの方法に従って第1表に表されている。回転は、案内路よりもむしろ機械軸周りである。

(以下 余白)

表 1

記 載	X 効果	Y 効果	Z 効果
ブリッジ走行 のスケール 測定における誤差	0	Dyy	0
ブリッジ運動 の水平真直度	$-Dyx$	0	0
ブリッジ運動 の垂直真直度	0	0	$-Dyz$
垂直軸周りの ブリッジ回転	$Py \cdot Ayz$	$-(x+Px) Ayz$	0
x 軸周りのブ リッジ回転	0	$(Z+Pz) Ayz$	$-Py \cdot Ayx$
y 軸周りのブ リッジ回転	$-(Z+Pz) Ayy$	0	$(x+Px) Ayy$
キャリッジ走行 のスケール 測定における誤差	Dxx	0	0

記 号	X 効果	Y 効果	Z 効果	記 号	X 効果	Y 効果	Z 効果
キャリッジ運動 の水平真直度	0	-Dxy	0	ラム運動の x 真直度	-Dzx	0	0
キャリッジ運動 の垂直真直度	0	0	-Dxz	y 軸周りの ラム回転	-Px · Azx	0	Pz · Azy
垂直軸周りの 垂直真直度	Px · Axx	-Px · Axx	0	x 軸周りの ラム回転	0	Pz · Axx	-Py · Azz
y 軸周りの キャリッジ回転	-(Z+Pz)Axy	0	Px · Axy	z 軸周りの ラム回転	Py · Azz	-Py · Azz	0
x 軸周りの キャリッジ回転	0	(Z+Pz)Axx	-Px · Axx				
ラム運動のス ケール測定 の誤差	0	0	Dzz				
ラム運動の y 真直度	0	-Dzy	0				

表の値は総合誤差を知るために加算される。

$$\begin{aligned}
 e_x &= D_{xx} - D_{yx} - D_{zx} - (Z + Pz) A_{xy} \\
 &\quad + Py \cdot A_{xz} - (Z + Pz) A_{yy} + \\
 &\quad Py \cdot A_{yz} - Pz \cdot A_{zy} + Py \cdot A_{zz} \\
 e_y &= D_{yy} - D_{zy} - D_{xy} - (X + Px) A_{yz} + \\
 &\quad (Z + Pz) A_{yx} - Px \cdot A_{zz} + \\
 &\quad Pz \cdot A_{zx} - Px \cdot A_{xz} + (Z + Pz) \\
 &\quad A_{xx} \\
 e_z &= D_{zz} - D_{xz} - D_{yz} - Py \cdot A_{zx} + \\
 &\quad Px \cdot A_{zy} - Py \cdot A_{xx} + Px \cdot A_{xy} - \\
 &\quad Py \cdot A_{yx} + (X + Px) A_{yy}
 \end{aligned}$$

機械誤差を訂正するために、 e_x はXスケール表示度数から引かれ、 e_y はYスケール表示度数から引かれ、そして e_z はZスケール表示度数から引かれる。

一般に機械軸に直接沿ってパラメータ誤差を測定することは困難又は実施不可能である。他の軸線方向線に沿って測定がなされる場合、次の式が機械軸に沿うパラメータ誤差を計算するために用いられる。式を引き出すための基本原則は、全てのパラメータ誤差が初期段階ではゼロであることと全ての測定値が測定線上のゼロ走行位置でゼロであることである。校正システムにより測定された値を機械軸に送る際には、次の記号が用いられる。

B**=機械校正の間に測定された距離又は角度。最初の星印はx、y又はzで置き換えられ、測定線を表し、2番目の星印はd、h、v、y、p又はrによって置き換えられ測定の種類を表す。

"d"は直線状の変位測定を表す。

"h"は水平真直度測定を表す。z軸では、hはx方向を表す。

"v"は垂直真直度測定を表す。z軸では、vはy方向を表す。

"y"は偏揺角測定を表す。x及びy軸では、偏揺角は垂直軸周りの角回転である。z軸では、y軸周りの角回転である。

"p"は傾斜角測定を表す。x及びyでは、傾斜角は測定線に垂直な水平線周りの角回転である。zでは、x軸周

りの角回転である。

"r"は傾斜の決定のための補助真直度測定を表す。x及びy軸では、測定は垂直である。z軸では、測定はy方向である。

P**は誤差測定における探針水準ポイントから(再帰反射体の頂点のような)測定ポイントまでの距離の構成分子である。最初の星印はx、y又はzによって置き換えられ、測定線を表す。2番目の星印はx、y又はzによって置き換えられ、構成分子の方向を表す。

O*は測定に用いられる線の座標である。2つのこのような座標により定義される線は1セットの測定の間の探針水準ポイントの基準路である。星印はx、y又はzによって置き換えられ、座標の方向を表す。

Cは傾斜測定での2つの真直度測定線間の距離の構成分子である。上記の記号を用いて、変位誤差Dij及び回転誤差Aikの値が次のように計算される。

$$A_{xx} = (B_{xr} - B_{xv}) / C$$

$$A_{xy} = B_{xp}$$

$$A_{xz} = B_{xy}$$

$$A_{yx} = B_{yp}$$

$$A_{yy} = (B_{yv} - B_{yr}) / C$$

$$A_{yz} = B_{yy}$$

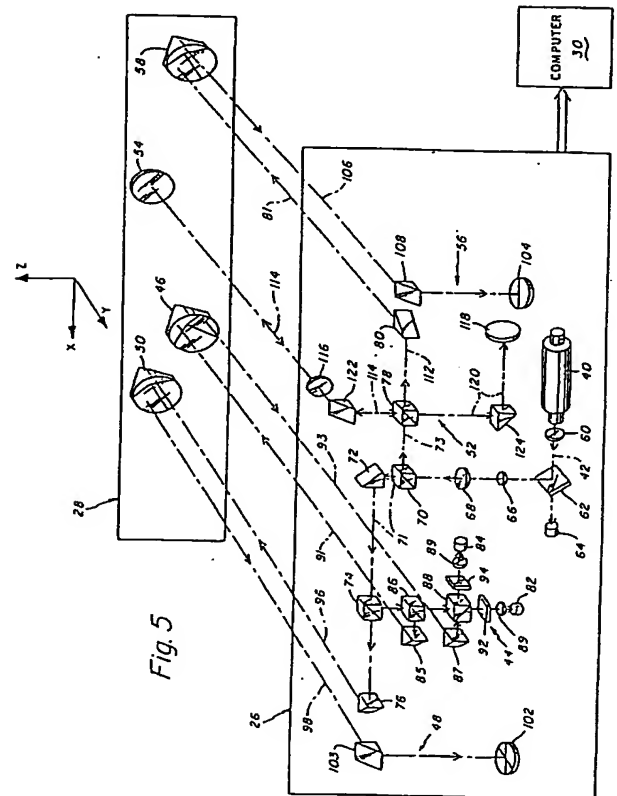
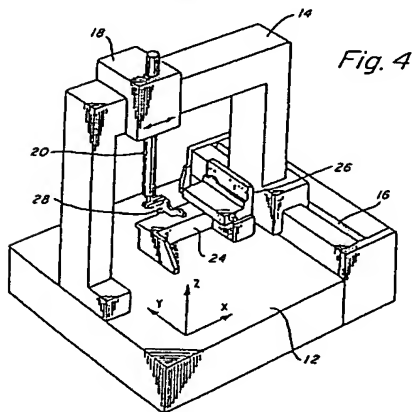
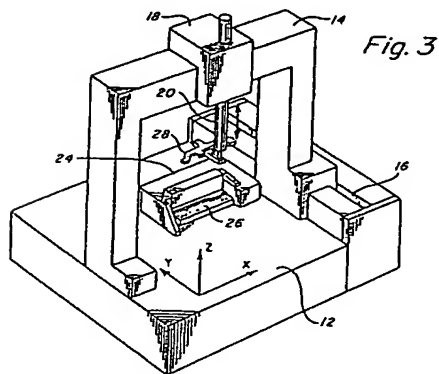
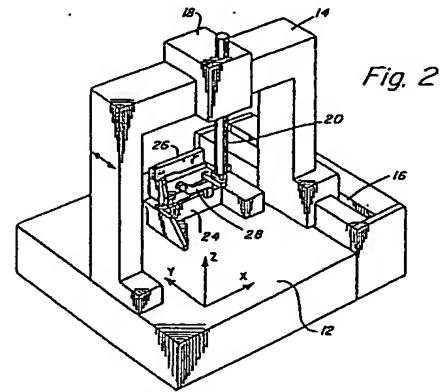
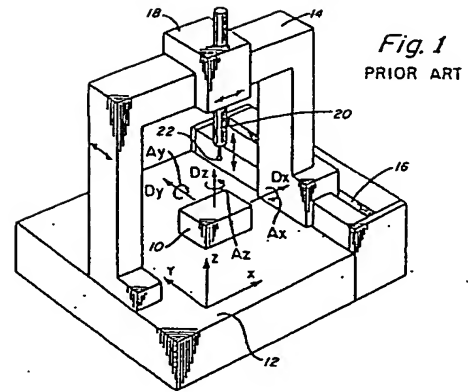
$$A_{zx} = B_{zp}$$

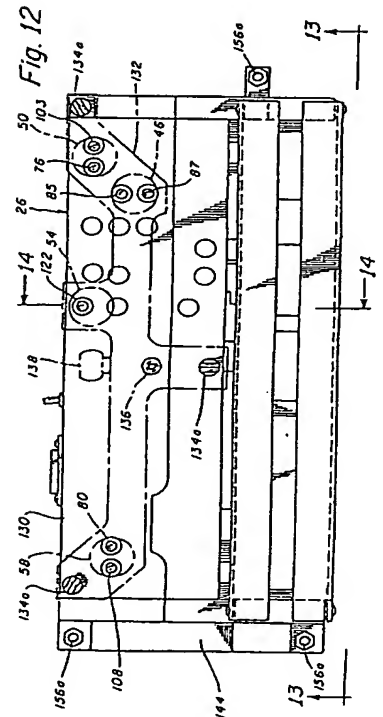
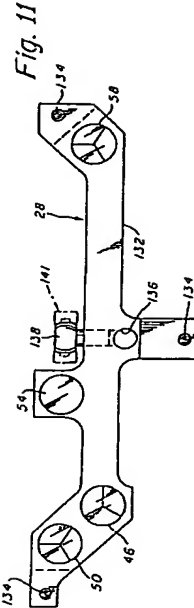
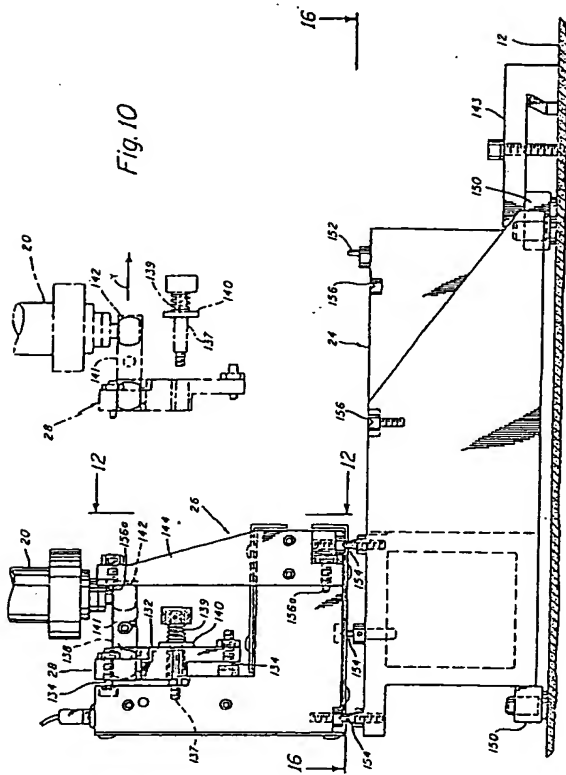
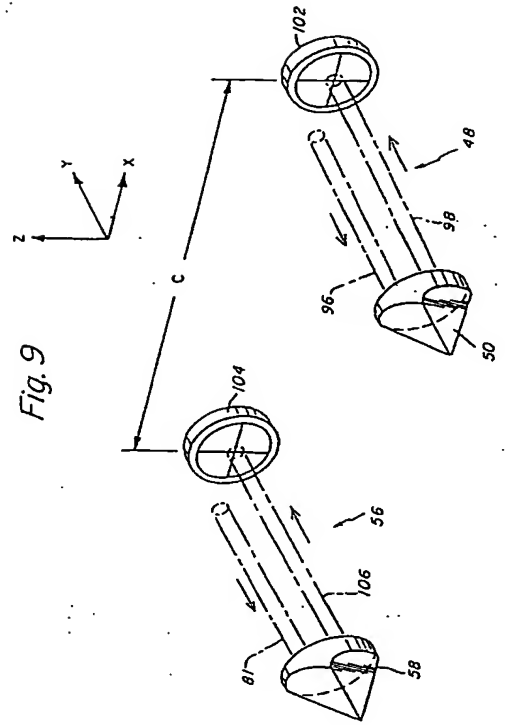
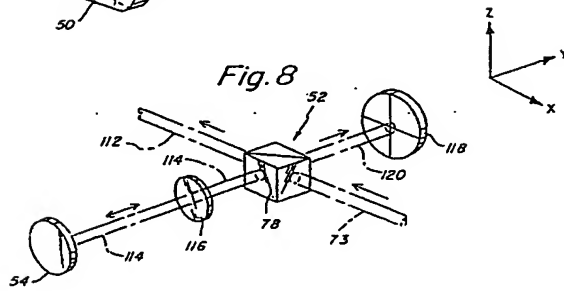
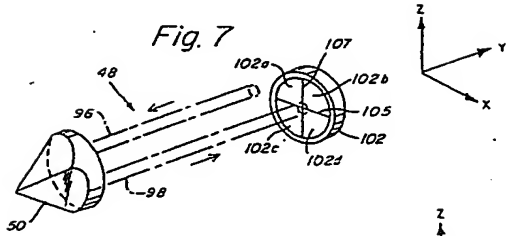
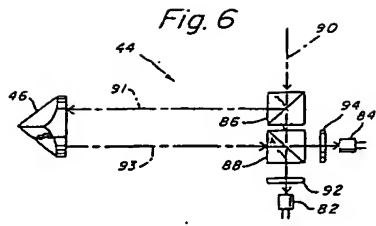
$$A_{zy} = B_{zy}$$

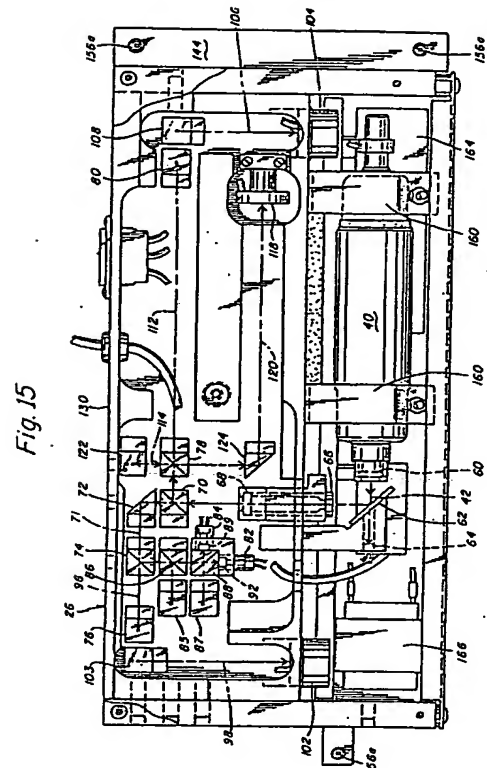
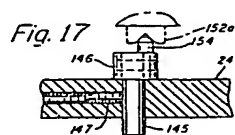
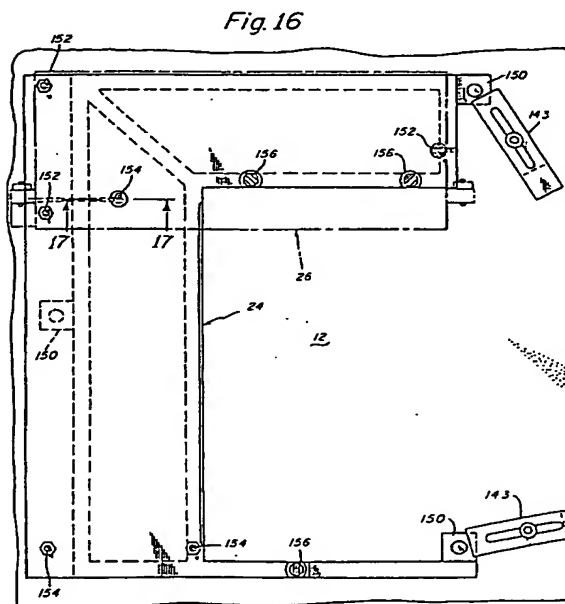
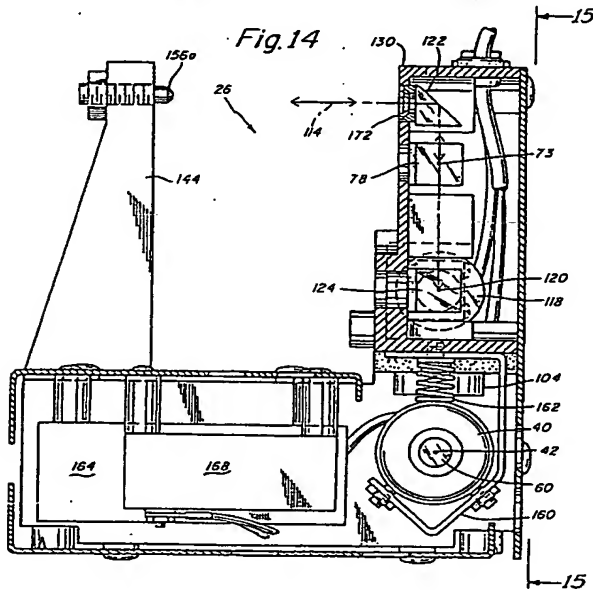
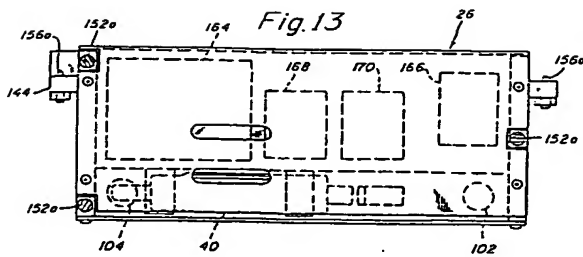
$$A_{zz} = (B_{zr} - B_{zv}) / C$$

$$\begin{aligned}
 D_{xx} &= X - B \cdot d + (Oz + Pxz) \cdot Axy - \\
 &\quad Pxy \cdot Axx \\
 D_{xy} &= B \cdot h - X \cdot Ayz - Pxx \cdot Axx + \\
 &\quad (Oz + Pxz) \cdot Axx \\
 D_{xz} &= B \cdot v - Pxy \cdot Axx + Pxx \cdot Axy + \\
 &\quad X \cdot Ayy \\
 D_{yx} &= B \cdot h - (Oz + Pxz) \cdot Ayy + \\
 &\quad Pyy \cdot Ayz \\
 D_{yy} &= Y - B \cdot d + (Ox + Pyx) \cdot Ayz - \\
 &\quad (Oz + Pxz) \cdot Ayz \\
 D_{yz} &= B \cdot v - Pyy \cdot Axx + (Ox + \\
 &\quad Pyx) \cdot Ayy \\
 D_{zx} &= B \cdot h - Z \cdot Axy - Z \cdot Ayy - \\
 &\quad Pzz \cdot Azy + Pzy \cdot Azz \\
 D_{zy} &= B \cdot v + Z \cdot Axx - Pzx \cdot Azz + Pz \\
 &\quad z \cdot Axx + Z \cdot Axx \\
 D_{zz} &= Z - B \cdot d + Pzy \cdot Axx - Pzx \cdot Azy
 \end{aligned}$$

本発明の好ましい実施例で現在考えられることを示されかつ記載されたが、種々の変更及び修正が添付のクレームにより定義される発明の範囲から逸脱することなく該好ましい実施例内でなされることは当業者には明らかであろう。







補正書の翻訳文提出書
(特許法184条の8)

平成 2年 5月 19日

特許庁長官 吉田 文 毅 殿

1. 特許出願の表示
PCT/US88/03855

2. 発明の名称
座標測定機用校正システム

3. 特許出願人

住 所 アメリカ合衆国ロード・アイランド州02852,
ノース・キングスタウン、プレジジョン・パーク (番地なし)

名 称 ブラウン・アンド・シャープ・マニュファクチャリング・
カンパニー

4. 代 理 人

住 所 東京都千代田区大手町二丁目2番1号

新大手町ビル206区

電 話 270-6641-6

氏 名 (2770) 井理士 湯 浅 茲

5. 補正書の提出日

平成 元年12月 4日

6. 添付書類の目録

(1) 補正書の翻訳文

1通



請求の範囲

1. 少なくとも2つの次元で互いに対して可動な第1の要素とテーブルとを有する機械において位置誤差を測定する装置であって、

前記第1の要素に取付け可能な反射体アセンブリと、

前記テーブルに取付け可能で、少なくとも1つの出射レーザ光線を選択された測定方向に向け、そして前記反射体アセンブリから反射した前記少なくとも1つのレーザ光線を検知し、前記第1の要素の位置誤差を表す位置誤差信号を発生するレーザ測定アセンブリと、

前記レーザ測定アセンブリを前記テーブルに異なる向きで取り付け、そして前記反射体アセンブリを前記第1の要素に異なる向きで取り付けて、前記反射体アセンブリと前記レーザ測定アセンブリが、前記少なくとも1つの出射レーザ光線が前記反射体アセンブリによって前記レーザ測定アセンブリに反射して戻るように、前記異なる向きの各々に一列に並べられるようにした手段とを備え、前記装置、

2. 請求項1に記載の位置誤差測定装置において、前記取り付け手段が、

19. 前記反射体アセンブリと前記第1の要素を前記選択された方向に沿う選択された位置に動かす手段を更に含む請求項17に記載のパラメータ誤差測定装置、

20. 互いに対して少なくとも2つの方向に可動である第1の要素と第2の要素とを有する機械におけるパラメータ位置誤差測定装置であって、

前記第1の要素に取付け可能な第1のサブ・アセンブリと前記第2の要素に取付け可能な第2のサブ・アセンブリとを含む校正アセンブリを備え、前記第2のサブ・アセンブリは複数のレーザ光線を前記第1のサブ・アセンブリに向けるための手段を含み、前記第1のサブ・アセンブリは前記複数のレーザ光線を受容するための手段を含み、前記校正アセンブリは更に、前記複数のレーザ光線に反応して前記少なくとも2つの移動方向に沿ったパラメータ位置誤差を表示する位置誤差信号を与えるための感知手段を含み、前記パラメータ誤差は、3つの相互垂直方向における偏位誤差と前記3つの相互垂直方向の周りの回転誤差とを含み、そして、

前記複数のレーザ光線が前記少なくとも2つの移動方向に対して連続的に平行とされて、前記感知手段が前記少なくとも2つの移動方向のための前記位置誤差信号を与えるように、前記第1および第2のサブ・アセンブリを取り付けるための手段を備えてなる、前記装置、

21. 互いに対して少なくとも2つの方向に可動である第1の要素と第2の要素とを有する機械におけるパラメータ位

14. m) 前記第1、第2及び第3の向きの各選択された位置用の位置誤差信号を3つの互直交方向に沿うパラメータ誤差の行列に変換する工程を更に含む請求項13に記載の位置誤差測定方法、

15. n) 前記第1の要素の一定の位置用にその総合位置誤差を前記パラメータ誤差から算出する工程と、

o) テーブルに対する第1の要素の位置の前記機械のスケール表示度数を取得し、そして前記第1の総合誤差を前記機械のスケール表示度数から差し引いて前記第1の要素の訂正された位置を得る工程と、

を更に含む請求項14に記載の位置誤差測定方法、

16. 選択された位置で互いに対して可動である第1の要素とテーブルとを有する機械において、

前記第1の要素に取付け可能な反射体アセンブリと前記テーブルに取付け可能で前記反射体アセンブリから反射した複数のレーザ光線を検知するレーザ測定アセンブリとを備え、前記反射体アセンブリと前記測定アセンブリが、

位置誤差測定装置であって、

前記第1の要素に取付け可能な第1の校正アセンブリと、

前記第2の要素に取付け可能な第2の校正アセンブリと、

選択された方向で第1と第2の校正アセンブリとの間の距離の変化を測定する干渉計手段と、

前記第1及び第2の校正アセンブリの間で複数のレーザ光線が発生すると共に、前記第1及び第2の校正アセンブリの横方及び回転相対運動に位置的に応答する手段と、

前記位置感知レーザ光線に反応して前記第1及び第2の校正アセンブリの横方及び回転相対運動を検知する光線位置感知手段と、

前記干渉計手段と前記光線位置感知手段の出力に反応して前記第1と第2の要素間のパラメータ位置誤差を計算する手段と、

を備えてなる前記装置、

22. 互いに対して少なくとも2つの方向に可動である第1の要素と第2の要素とを有する機械におけるパラメータ位置誤差測定装置であって、

前記第1の要素に取付け可能な第1のサブ・アセンブリと前記第2の要素に取付け可能な第2のサブ・アセンブリとを含む校正アセンブリを備え、前記第2のサブ・アセンブリは選択された方向の少なくとも1つのレーザ光線を前記第1のサブ・アセンブリに向けるための手段

を含み、前記第1のサブ・アセンブリは前記少なくとも1つのレーザ光線を受容するための手段を含み、前記校正アセンブリは更に、前記少なくとも1つのレーザ光線に反応して前記少なくとも2つの移動方向に沿ったパラメータ位置誤差を表示する位置誤差信号を与えるための感知手段を含み、前記パラメータ誤差は、3つの相互直交方向における位置誤差と前記3つの相互直交方向の周りの回転誤差とを含み、そして、

前記少なくとも1つのレーザ光線が前記少なくとも2つの移動方向に対して連続的に平行とされて、前記感知手段が前記少なくとも2つの移動方向のための前記位置誤差信号を与えるように、前記第1および第2のサブ・アセンブリを取り付けるための手段を備えてなる、前記装置、

23. 前記取付け手段が、予め選択された位置で前記テーブルに取り付けられ、そして前記レーザ測定アセンブリを前記異なる向きに各々に取り付ける手段を含む取付け具を備えてなる、請求項22に記載のパラメータ位置誤差測定装置、

24. 前記取付け手段が前記レーザ測定アセンブリと前記第1及び第2のサブ・アセンブリを3つの相互直交向きに取り付ける手段を含み、これにより3つの相互直交向きに沿う1セットのパラメータ誤差が測定される請求項22に記載のパラメータ位置誤差測定装置、

25. 前記第1及び第2のサブ・アセンブリが、変位誤差を測定する第1の手段と、前記選択された方向に直交する

2つの方向で真直度を測定する第2の手段と、前記選択された方向に直交する軸周りの回転を表す傾斜角及び傾斜角を測定する第3の手段と、前記選択された方向付近の回転を表す傾斜誤差を測定する第4の手段を含む請求項24に記載のパラメータ位置誤差測定装置、

26. 前記装置が、前記第1の要素に対する前記第2の要素の位置を測定するためのスケール装置を備えており、そして前記装置は、前記選択された移動方向に沿った選択された位置に対応するパラメータ誤差の行列を計算する手段と、前記パラメータ誤差に呼応して前記第1及び第2の要素の任意の位置のための総合誤差を計算し、そして前記スケール装置の表示度数から前記総合誤差を差し引くことにより正確な位置情報を与える手段とを備えている、請求項22に記載のパラメータ位置誤差測定装置、

27. 前記第2の測定手段が前記サブ・アセンブリのうちの一方に取り付けられた再帰反射体と、レーザ光線を前記サブ・アセンブリのうちの他方から前記再帰反射体に向ける手段と、象限に区分けられて前記再帰反射体から反射されたレーザ光線のその中心からのずれを感知する光感知器とを備えている請求項25に記載のパラメータ位置誤差測定装置、

28. 前記第3の測定手段が前記サブ・アセンブリのうちの一方に取り付けられた鏡と、レーザ光線を前記サブ・アセンブリのうちの他方から前記鏡に向ける手段と、象限に区分けされ前記鏡から反射されたレーザ光線のその中央

からのずれを感知する光感知器とを備えている請求項25に記載のパラメータ位置誤差測定装置、

29. 前記第4の測定手段が規定の距離で間隔を置いて離された一対の前記サブ・アセンブリのうちの一方に取り付けられた一対の再帰反射体と、個々のレーザ光線を前記サブ・アセンブリのうちの他方から前記再帰反射体の各々に向ける手段と、該選択された方向に直交し前記一対の再帰反射体間に描かれた線に直交する方向における前記再帰反射体で反射された各レーザ光線のずれを感知する一対の区分けされた光感知器とを備え、前記傾斜誤差が前記規定された距離によって分けられた2つの光感知器によって感知されたずれとの間の相違に比例する請求項5に記載の位置誤差測定装置、

国際調査報告

International Classification No. PCT/US 88/03855 1. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER According to International Patent Classification (IPC) or to both International Classification and IPC INT. CL. G01B 11/00 U.S. CL. 356/375												
2. FIELD SEARCHED Classification System: Minimum Documentation Symbol:												
U.S.	356/373, 375, 356, 358 336/384, 502, 503											
3. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT <table border="1"> <thead> <tr> <th>Category</th> <th>Number of Document</th> <th>Author</th> <th>Year</th> <th>Relevant to Claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>US, A, 4,276,698, DORE ET AL, 07 July 1981 (Note Figs 3-6, columns 5 and 6).</td> <td></td> <td>20-22</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			Category	Number of Document	Author	Year	Relevant to Claim No.	X	US, A, 4,276,698, DORE ET AL, 07 July 1981 (Note Figs 3-6, columns 5 and 6).		20-22	
Category	Number of Document	Author	Year	Relevant to Claim No.								
X	US, A, 4,276,698, DORE ET AL, 07 July 1981 (Note Figs 3-6, columns 5 and 6).		20-22									
4. OTHER INFORMATION Date of the latest completion of the international search: 23 JANUARY 1989 Date of the latest completion of the international search: 22 MAR 1989 Inventor: ISA/114 F.L. EVANS												

【公報種別】特許法第17条第1項及び特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第6部門第1区分

【発行日】平成8年(1996)6月25日

【公表番号】特表平3-501052

【公表日】平成3年(1991)3月7日

【年通号数】

【出願番号】特願昭63-509394

【国際特許分類第6版】

G01B 11/00

A 9505-2F

手 続 補 正 書

平成 7年 10月 25日

特許庁長官 清 川 佑 二 殿

1. 事件の表示

昭和63年特許願第509394号

2. 発明の名称

座標測定機用校正システム

3. 補正をする者

事件との関係 特許出願人

住 所

名 称 ブラウン・アンド・シャープ・マニュファクチャリング・カンパニー

4. 代 理 人

住 所 東京都千代田区大手町二丁目2番1号

新大手町ビル206区

電 話 3270-6641~6646

氏 名 (2770) 井理士 湯 枝 恭 三

5. 補正の対象

請求の範囲

6. 補正の内容

別紙の通り

(別紙)

(1) 請求の範囲を以下に示すように訂正する。

「1. 少なくとも2つの次元で互いに対して可動な第1の要素とテーブルとを有する機械において位置誤差を測定する装置であって、

前記第1の要素に取付け可能な反射体アセンブリと、

前記テーブルに取付け可能で、少なくとも1つの出射レーザ光線を選択された測定方向に向け、そして前記反射体アセンブリから反射した前記少なくとも1つのレーザ光線を検出し、前記第1の要素の位置誤差を表す位置誤差信号を発生するレーザ測定アセンブリと、

前記レーザ測定アセンブリを前記テーブルに異なる向きで取り付け、そして前記反射体アセンブリを前記第1の要素に異なる向きで取り付けて、前記反射体アセンブリと前記レーザ測定アセンブリが、前記少なくとも1つの出射レーザ光線が前記反射体アセンブリによって前記レーザ測定アセンブリに反射して戻るように、前記異なる向きの各々に一列に並べられるようにした手段とを備えてなる、位置誤差測定装置。

2. 前記取付け手段が、予め選択された位置で前記テーブルに取り付けられ、そして前記レーザ測定アセンブリを前記異なる向きの各々に取り付ける手段を含む取付け具を備えてなる、請求項1に記載の位置誤差測定装置。

3. 前記取付け手段が前記レーザ測定アセンブリと前記反射体アセンブリを3つの相互直交向きに取り付ける手段を含み、これにより3つの相互直交向きに沿う1セットのパラメータ誤差が測定される請求項1に記載の位置誤差測定装置。

4. 前記機械が座標測定機であり、前記第1の要素が3つの次元に可動なラムである請求項3に記載の位置誤差測定装置。

5. 前記レーザ測定アセンブリと前記反射体アセンブリが変位誤差を測定する第1の手段と、前記選択された方向に直交する2つの方向で真直度を測定する第2の手段と、前記選択された方向に直交する軸周りの回転を表す傾斜角及び偏角を測定する第3の手段と、前記選択された方向付近の回転を表す傾斜誤差を測定する第4の手段を含む請求項3に記載の位置誤差測定装置。

6. 前記位置誤差信号に呼応して前記選択された測定方向に沿う各選択された位

図に対応するパラメータ誤差の行列を計算する手段を更に含む請求項5に記載の位置誤差測定装置。

7. 前記機械が、3つの相互直交方向に可動なブリッジと、キャリッジとラムとを有する座標測定装置を含み、更に前記ブリッジと、前記キャリッジと前記ラムの位置をモニターするスケール装置を含む請求項6に記載の位置誤差測定装置。

8. 前記パラメータ誤差に呼応して前記ブリッジ、前記キャリッジと前記ラムの一定の位置用の総合誤差を計算し、前記スケール装置の読み取りから前記総合誤差を差し引いて正確な位置情報を提供する手段を更に含む請求項7に記載の位置誤差測定装置。

9. 前記第2の測定手段が前記反射体アセンブリに取り付けられた再帰反射体と、レーザ光線を前記レーザ測定アセンブリから前記再帰反射体に向ける手段と、前記レーザ測定アセンブリ内で象限に区分けられてその中心からの反射光線のずれを感知する光感知器とを備えている請求項5に記載の位置誤差測定装置。

10. 前記第3の測定手段が前記反射体アセンブリに取り付けられたミラーと、レーザ光線を前記レーザ測定アセンブリから前記ミラーに向ける手段と、前記レーザ測定アセンブリ内に位置して象限に区分けされその中央からの反射光線のずれを感知する光感知器とを備えている請求項5に記載の位置誤差測定装置。

11. 前記第4の測定手段が規定の距離で間隔を置いて離れかつ前記反射体アセンブリに取り付けられた一対の再帰反射体と、個々のレーザ光線を前記レーザ測定アセンブリから前記再帰反射体の各々に向ける手段と、該選択された方向に直交し前記一対の再帰反射体間に描かれた線に直交する方向における各反射光線のずれを感知する前記レーザ測定アセンブリ内の一対の区分けされた光感知器とを備え、前記検出誤差が前記規定された距離によって分けられた2つの光感知器によって感知されたずれとの間の相違に比例する請求項5に記載の位置誤差測定装置。

12. 少なくとも2つの次元で互いに対して可動な第1の要素とテーブルとを有する機械において、

a) 反射体アセンブリを第1の要素に第1の反射体向きで取り付け第1の要素を第1の選択位置に位置決めする工程と、

相互に直交するようにする工程と、

1) 工程c) ないし f) を前記第3の向き付けのために繰り返す工程と、を更に含む請求項12に記載のパラメータ誤差を測定する方法。

14. m) 前記第1、第2及び第3の向きの各選択された位置用の位置誤差信号を3つの相互直交方向に沿うパラメータ誤差の行列に変換する工程を更に含む請求項13に記載のパラメータ誤差を測定する方法。

15. n) 前記第1の要素の一定の位置用にその総合位置誤差を前記パラメータ誤差から算出する工程と、

o) テーブルに対する第1の要素の位置の前記機械のスケール表示度数を取得し、そして前記第1の総合誤差を前記機械のスケール表示度数から差し引いて前記第1の要素の訂正された位置を得る工程と、を更に含む請求項14に記載のパラメータ誤差を測定する方法。】

以上

b) レーザ測定アセンブリを該テーブルに前記反射体アセンブリと一列に並べられた第1のレーザ向きで、少なくとも1つのレーザ光線が前記レーザ測定アセンブリによって選択された測定方向に沿って前記反射体アセンブリに向けられ、そして前記レーザ測定アセンブリに反射して戻るように前記異なる向きの各々に一列に並べられているように取り付けする工程と、

c) 前記レーザ測定アセンブリに反射して戻された少なくとも1つのレーザ光線を感知して、前記テーブルに対する前記第1の要素の位置、真直度、傾斜角、傾斜角及び検出位置誤差を表す位置誤差信号を与え、そして前記誤差信号を記憶する工程と、

d) 前記選択された方向で前記第1の要素と前記反射体アセンブリを前記反射体アセンブリが前記少なくとも1つレーザ光線と一列に並べられる他の選択された位置に移動させる工程と、

e) 前記レーザ測定アセンブリに反射して戻った前記少なくとも1つのレーザ光線を感知して前記テーブルに対する前記第1の要素の位置、真直度、傾斜角、傾斜角及び検出位置誤差を表す位置誤差信号を与え、そして前記誤差信号を記憶する工程と、

f) 前記少なくとも1つレーザ光線の方で多数の選択された位置のために工程d) 及びe) を繰り返す工程と、

g) 前記反射体アセンブリを前記第1の要素に第2の反射体向きで取り付ける工程と、

h) 前記反射体アセンブリを前記テーブルに前記反射体アセンブリと一直線の第2のレーザ向きで取り付けする工程と、

i) 前記第2の向きのために工程c) ないし f) を繰り返す工程と、

を備えてなる、第1の要素とテーブルの相対位置におけるパラメータ誤差を測定する方法。

13. j) 前記反射体アセンブリを該第1の要素に第3の反射体向きで取り付け、前記第1、第2及び第3の反射体向きが相互に直交するようにする工程と、

k) 前記レーザ測定アセンブリを該テーブルに前記反射体アセンブリと一直線の第3のレーザ向きで取り付け、前記第1、第2及び第3の反射体向きが